Ueber

den gelben Fleck

der Retina,

seinen Einfluss auf normales Sehen

und auf

Farbenblindheit.

Von

Max Schultze.

Vortrag gehalten in der Sitzung der medicinischen Section der niederrheinischen Gesellschaft für Natur und Heilkunde zu Bonn am 9. Mai 1866.

Bonn,
Verlag von Max Cohen & Sohn.
1866.

Ich habe in einem in dieser Gesellschaft am 4. April d. J. gehaltenen Vortrage »zur Anatomie und Physiologie der Retina [1])« wie ich glaube zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass das Pigment der macula lutea und fovea centralis unserer Retina von Einfluss sein müsse auf die Länge und Intensität des Spectrums wie wir es sehen. Denn da die gelbe Stelle durchstrahlt werden muss von den zu den percipirenden Elementen, den Zapfen, strebenden Lichtstrahlen, wird in jener eine gewisse Menge blau absorbirt werden. Wie viel Blau durch das Gelb der macula lutea gelangt, und ob etwa neben blauen auch noch andere Strahlen absorbirt werden, muss von der Natur und Intensität des Pigmentes abhängen. Ich habe in letzter Zeit an einer Anzahl menschlicher Leichen, so frisch wie sie sich eben darboten, die Stelle der Retina, in welcher der gelbe Fleck mit der fovea centralis seine Lage hat, ausgeschnitten, in Serum auf den Objectträger gebracht und der Beleuchtung mit farbigem Lichte ausgesetzt. Die gelbe Farbe der macula lutea und fovea centralis, welche letztere, für farblos gehaltene Stelle, wie jene intensiv gelb gefärbt ist, verändert sich, soweit ich beobachten konnte innerhalb der ersten Tage nach dem Tode nicht merkbar. Das Pigment ist eine homogene, zwischen den Fasern und Zellen der Retina auftretende citronen- bis blass orangegelbe Masse, welche sich mit Wasser nicht mischt, in demselben nicht löslich ist, und fettiger Natur zu sein scheint. Die Farbe dieser Massen ist bei Betrachtung mit starker 3—400 facher Vergrösserung noch sehr intensiv, wenn man dafür sorgt, dass die nach dem Tode sich trübenden Zellen, Fasern und andern Elemente der Retina möglichst beseitigt werden, wie dies durch Abspülen der Retina in

1) Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. II, pag. 165.

Serum und weiter durch leichtes Zerzupfen der macula lutea unschwer gelingt. An einzelnen Stellen tritt dann immer der gelbe Farbstoff, der seinen Sitz in den inneren Schichten der Retina hat, in den Zapfen dagegen fehlt, so frei und ungetrübt zu Tage, dass die Beleuchtung mit farbigem Licht vollkommen sichere Resultate liefert. Ich wählte farbige Gläser, welche zwischen den Spiegel des Mikroskopes und den Objecttisch leicht eingeschaltet werden können, wobei nur zu berücksichtigen ist, dass Alles auffallende Licht vom Objecttisch möglichst vollständig abgehalten werde. Wie zu erwarten war, liess sich auf diese Weise die Absorption einer gewissen Menge Blau im Pigmente des gelben Fleckes erweisen. Die Absorption ist sogar recht bedeutend, denn bei Einschaltung eines dunkelblauen Kobaltglases erschienen alle intensiver gelbgefärbten Stellen schwarz auf blauem Grunde. Das Dunkelblau, welches ich durch einen gelben Fleck, meinen eigenen, blau sehe, wird also durch einen zweiten vor das Auge gehaltenen schwarz. Eine Retina ohne gelben Fleck würde demnach bei sonst gleicher Organisation mehr Blau sehen als eine mit einem solchen. Hiernach ist es klar, dass der gelbe Fleck einen Einfluss auf die subjective Helligkeit des blauen Endes des Spectrum, also auch des sogenannten Ultraviolett ausübt. Sein Einfluss wird viel grösser sein als der der Fluorescenz der Augenmedien, über welche wir Helmholtz[1]) und später Setschenow[2]) entscheidende Versuche verdanken, aus dem einfachen Grunde weil der gelbe Fleck an der Stelle des deutlichen Netzhautbildes liegt. Sein Einfluss ist also in Rechnung zu ziehen neben der durch Brücke nachgewiesenen Absorption, welche die ultravioletten Strahlen in den durchsichtigen Augenmedien erleiden, welche, wie die mit fluorescirenden Flüssigkeiten von Donders angestellten Versuche beweisen, die geringe subjective Helligkeit des Ultraviolett nicht zu erklären vermögen (vergl. Helmholtz physiologische Optik pag. 233).

Eine Absorption anderer als blauer Strahlen im gelben Pigmente der macula lutea hat sich nicht mit Sicherheit nachweisen lassen. Da das Gelb einen kleinen Stich ins Grünliche zeigt, musste an Roth gedacht werden, und dass etwas von dieser Farbe absorbirt werde, möchte ich daraus schliessen, dass bei Einschaltung des erwähnten blauen Kobaltglases der gelbe Fleck schwarz wird. Denn da dieses Glas, wie bekannt, etwas Roth durchlässt, musste der gelbe Fleck

1) Poggendorff Annalen Bd. 104.

2) Graefe Archiv etc. Bd. 5, Abth. 2, p. 205.

roth erscheinen, wenn er das Roth nicht absorbirte. Aber mittelst rother Gläser lässt sich die Absorption schlecht beweisen, da man, um eine Andeutung von Absorption zu gewinnen, die Farbe so dunkel wählen muss, dass eine sichere Entscheidung nicht mehr möglich ist. Dasselbe gilt für die Beleuchtung mit Spectralfarben, die noch dazu das Unbequeme haben, dass, da die Intensität am rothen Ende des Spectrum sehr schnell abnimmt, ein gleichmässig dunkelroth beleuchtetes Gesichtsfeld nicht zu erzielen ist, wie es, um geringe Unterschiede von hell und dunkel im Objecte aufzufassen, erforderlich ist.

Es ist wiederholt aufgefallen, dass sonst normalsichtige Menschen eine verschiedene Empfindlichkeit für das violette oder ultraviolette Licht besitzen. Edm. Rose führt unter anderen das Beispiel eines exquisit ultraviolettsichtigen Mannes an (Virchow Archiv etc. Bd. 30, p. 442). Man kann solche Unterschiede einfach auf eine verschiedene Intensität der gelben Farbe der macula lutea zurückführen. Das gelbe Sigment entwickelt sich beim Menschen nach den Angaben von Ammon, Michaelis und Arnold erst während des zweiten Lebensjahres. Jedenfalls wird es um diese Zeit intensiver. Ob es vorher ganz fehlt wäre weiterer Untersuchung zu unterwerfen. In den frischen Augen eines während der Geburt gestorbenen reifen Kindes zeigte mir die mikroskopische Untersuchung der wohl erhaltenen, wenn auch in einer Falte aufgehobenen Stelle des directen Sehens bereits einen gelblichen Anflug. Im hohen Alter soll der Fleck wieder erbleichen. Nach Huschke (Eingeweidelehre in Sömmering's Anatomie p. 727) wird er bei blauäugigen heller gefunden als bei Menschen mit braunen Augen. Genauere Untersuchungen über Variationen in der Farbe dieses Fleckes fehlen zwar bisher gänzlich, alle Pigmente des menschlichen und thierischen Körpers unterliegen aber individuellen Abweichungen. Nach allem diesem wird die Annahme, dass auch die macula lutea der Retina nicht immer von gleicher Intensität und Ausdehnung sei, auf keinen Widerspruch stossen können.

Aber es giebt auch Menschen, welche von dem violetten Ende des Spectrum so wenig sehen, dass man sie violettblind nennen muss. Der Zustand kommt angeboren vor und kann künstlich durch Einnehmen von Santonin erzeugt werden, in welchem Falle er sich zunächst im Gelbsehen äussert und nach einigen Stunden wieder vorübergeht. Nach Edm. Rose, dem wir eine Reihe der sorgfältigsten Versuche und gründlichsten Aufzeichnungen über die ver-

schiedenen Arten von Farbenblindheit verdanken[1]), und nach mehrfachen Versuchen, die ich an mir selbst nach Genuss von santonsaurem Natron anstellte, sind die characteristischen Erscheinungen folgende:

1) Verkürzung des Spectrum am violetten Ende bis zu fast vollständiger Blaublindheit. Hier kommen alle möglichen Gradunterschiede vor, wie die Untersuchung mit dem Gitterspectrum am einfachsten nachweist. Durch Verkürzung der einzelnen kleinen, am besten linear angeordneten Spectra nimmt die Zahl der Zwischenräume zwischen denselben, deren ein normales Auge gewöhnlich nur einen, oder wenn der freie Raum neben der Lichtquelle mitgerechnet wird, zwei sieht, auf drei, vier, fünf und selbst sechs zu. Natürlich lässt sich diese Verkürzung im subjectiven Spectrum des Spectralapparates mittelst der gewöhnlichen Scala ebenfalls constastatiren. Objective Spectra sind wegen der Fluorescenz des Papieres oder anderer weisser Flächen weniger brauchbar.

2) Mit der Verkürzung am violetten Ende ist, wie es scheint, immer eine geringe, hie und da eine sehr deutliche Verkürzung am rothen Ende des Spectrum verbunden. Bei angeborner Farbenblindheit (Daltonisten) kann die Rothblindheit als Hauptsymptom auftreten. Ob dieselbe ohne gleichzeitige Violettblindheit vorkommt dürfte noch zweifelhaft sein. Nach Santoningenuss ist die Verkürzung am rothen Ende nur ausnahmsweise in erheblichem Grade beobachtet (Rose III, p. 526; VII, p. 70). Ich habe sie bei mir in zwei Versuchsreihen, einmal nach Genuss von 10, das andere Mal nach 15 Gran santonsaurem Natron an den Gitterspectren constatirt, welche bekanntlich ein verhältnissmässig langes rothes Ende haben. Doch ist hier nur ungefähre Schätzung möglich. Da die Verkürzung gering, muss eine genaue Vergleichung am Besten mit Hülfe von anzufertigenden Zeichnungen geschehen. Schaltet man ein dunkelblaues Glas ein, welches nur blaue und rothe Strah-

---

1) E. Rose's ausführliche Angaben finden sich:

I. Virchow Archiv etc. Bd. 16, 1859, p. 233.
II. Ebenda Bd. 18, 1860, p. 15.
III. Ebenda Bd. 19, p. 522, Bd. 20, p. 245, 1860.
IV. Graefe Archiv etc. Bd. 7, Abth. 2, p. 72, 1860.
V. Virchow Archiv etc. Bd. 28, 1863, p. 30.
VI. Ebenda Bd. 30, p. 442, 1864.
VII. Poggendorff Annalen Bd. 126, p. 68. Wesentlich dasselbe auch in der berliner klinischen Wochenschrift 1865, Nro. 31.

len durchlässt, so sieht man bekanntlich statt der Spectra nur blaue und rothe Flämmchen. Von letzteren sah ich im normalen Zustande jederseits drei, im Santonrausch mit demselben Glase nur zwei — ein geringer Grad von Rothblindheit war also sicher vorhanden. Am Spectralapparat mit Scala, mit Hülfe dessen die Violettblindheit sehr gut zu bestimmen ist, wollte mir der Nachweis einer Verkürzung am rothen Ende nicht sicher gelingen. Zur Bestimmung des Grades der Roth- und Violettblindheit bei Daltonisten versuchte E. Rose Metallspectra zu verwenden mit characteristischen Linien im Roth und Violett (VII, p. 76), und constatirte dass Rothblindheit ein Unvermögen die rothe Kaliumlinie zu sehen erzeugen kann, sowie Violettblindheit erheblicheren Grades auch die violette Linie verschwinden macht. Die Methode ist im Santonrausch bisher nicht angewandt. Ich ersuchte daher Professor Landolt, zur Prüfung der bei mir nach Santongenuss eintretenden Farbenblindheit einige Metallspectra zu entwerfen. Wir wählten ausser dem Kalium namentlich das Rubidium, welches ebenfalls Linien im Violett und Roth zeigt, letztere mehr nach dem Ultraroth hin, also noch günstiger für geringe Grade der Rothblindheit als Kalium. Bei dieser Gelegenheit stellte sich heraus, dass die Linien sowohl im Roth als Violett gesehen werden können, auch wenn die Grundfarbe des betreffenden Theiles des Spectrum unsichtbar geworden. Die violette Rubidiumlinie erschien mir nach Genuss von 15 Gran santonsauren Natrons als farblose helle Linie auf schwarzem Grunde. Ueber die an sich schwache violette Kaliumlinie blieb ich zweifelhaft. Von den rothen Linien der genannten beiden Metalle sah ich deutliche rothe Spuren, aber nur Andeutungen im Vergleich zu dem Bilde, welches mir dieselben Apparate im normalen Zustande zeigten.

3) Mit diesen Erscheinungen paart sich bei der durch Santonin-Genuss erworbenen Farbenblindheit Gelbsehen, andere nennen es Grünlichgelbsehen. Weisse Gegenstände, namentlich wenn sie hell beleuchtet sind, erscheinen gelb oder grünlichgelb, violett wird grau, der dunkelblaue Himmel schwarzgrau, Ultramarin sammtschwarz, da Violett nicht, und blau gar nicht oder nur unvollständig empfunden wird. Rothblindheit kommt wahrscheinlich um so deutlicher daneben vor, je gründlicher das Gelb gesehen wird. Der Farbensinn leidet natürlich auch anderweitig, indem, je weniger das Violett, Blau (oder Roth) in einer Mischfarbe empfunden wird, desto veränderter sie aussieht, desto mehr das gelbgrün vorherrscht.

So sehe ich z. B. Bergblau dunkelgrün. Es ist kaum zu bezweifeln, dass der angeboren Farbenblinde auch gelb oder grünlichgelb sieht. Er weiss es aber sowenig wie wir, die wir alle vermöge unseres gelben Fleckes etwas violett- und rothblind sind, folglich nie rein weiss sehen. Die Farbenverwechselungen, welche bei angeborener Farbenblindheit vorkommen, sind zum Theil auf dieselben Grunderscheinungen. Violettblindheit, Rothblindheit, Gelbsehen zurückzuführen.

Die unter 1, 2 und 3 angegebenen Punkte lassen sich, wie erhellt, vollständig aus einer Zunahme der Intensität der gelben Farbe des gelben Fleckes erklären, durch welchen wir wie durch ein gelbes Glas hindurch sehen. Durch gelbe Gläser macht man sich violett- und rothblind je nach der Intensität des Gelb und der Beimischung von Grün. Durch gelbe Gläser verwechselt man Farben, wie sie ganz ähnlich im Santonrausch verwechselt werden. So sehe ich durch gelbes Glas bergblau grün, und hellviolett und hellblau wird grau, Ultramarin schwarz, gerade wie im Santonrausch.

Aber im Santonrausch tritt eine noch nicht erwähnte Erscheinung auf, welche, wenn man sie neben der Violettblindheit aufführt, paradox erscheint und in der That von Edm. Rose so genannt wird, es ist dies das Violettsehen. Nicht von allen Santonisirten bemerkt, scheint diese neue Perversion des Gesichtssinnes doch eine ganz gewöhnliche Begleitung des Gelbsehens zu sein, wie aus der Vergleichung der vielen Versuche von Edm. Rose hervorgeht. Und zwar fällt dies Violettsehen gleich in den Anfang des Santonrausches und schwindet oft schnell, meist früher als das Gelbsehen. Ja in einzelnen Fällen wurde es als das erste Symptom des beginnenden Santonrausches bezeichnet. Bei mir trat es gleichzeitig mit dem Gelbsehen auf, 9 Minuten nachdem ich 10 Gran, 7 Minuten nachdem ich 15 Gran santonsaures Natron genommen hatte. Was das Violettsehen sehr bestimmt characterisirt ist der Umstand, dass dasselbe nur beim Fixiren beschatteter oder dunkelgefärbter, am besten schwarzer Gegenstände auftritt. Die Dinte in der Feder, der schwarze Federhalter, dunkle Tuchkleider erscheinen Violett oder dunkelblau. Gewöhnlich wird es bemerkt, wenn man mit gegen das Fenster gewandtem Gesicht die Augen schliesst und noch die Hände über dieselben deckt, worauf sich der dunkle Raum im schönsten violettroth gefärbt zeigt. Glänzend schwarze Gegenstände sieht man deutlicher violett wie mattschwarze. Edm.

Rose bemerkt richtig, dass das Violettsehen ohne Einwirkung von Licht nicht zu Stande komme, folglich keine Chromopsie sei, und nennt es den ersten Grad von Farbenirrsinn, den er von der Farbenblindheit unterscheidet, und meint es liessen sich für den paradoxen Zustand, dem er wie allen Erscheinungen der Farbenblindheit und des Farbenirrsinns ein Leiden der Nerven zu Grunde legt, kaum Analogieen auffinden (Virchow Archiv Bd. 19, p. 535). In der That überzeugt man sich leicht, dass auf dem Violettsehen eine ganz neue Reihe von Farbenverwechselungen beruht. Denn bei exquisiter Violettsichtigkeit ist man geneigt, jeder im Schatten betrachteten, nur mässig beleuchteten Farbe violett beizumischen, während man aus derselben Farbe im Hellen das Violett ausscheidet und Gelbgrün beimischt. Daher auch die ausserordentlichen Verschiedenheiten in den Angaben über Farbenverwechselungen bei Versuchen an verschiedenen Individuen. Nachgewiesener Maassen übt der Grad der Beleuchtung bei allen einen enormen Einfluss auf die Farbentäuschungen aus, wie die von Rose und anderen im Santonrausch angestellten Versuche mit dem Maxwell'schen Farbenkreisel und mit dem Rose'schen Farbenmesser lehren, je nachdem man sie am Fenster oder im Schatten vornimmt. Ein Theil der in Betracht kommenden Differenzen reducirt sich offenbar auf die Violettblindheit im Hellen, die Violettsichtigkeit im Schatten.

Wie ich aber zur Erklärung vieler Fälle von Violettblindheit eine intensivere Färbung des gelben Fleckes für ausreichend halte, wonach die pathologische Violettblindheit nur als eine Steigerung der physiologischen erscheint, so lässt sich meines Erachtens auch die Violettsichtigkeit ohne Zuhilfenahme einer primären Nervenaffection erklären. Die Sache löst sich in der That höchst einfach als die Erscheinung des complementären Nachbildes. So wie der ungewohnte Zustand des Gelbsehens eintritt ist sofort die Neigung bei geschlossenen Augen violett zu sehen vorhanden. Dass Einige das Violettsehen vor dem Gelbsehen beobachtet zu haben meinen, erklärt sich meines Erachtens aus dem Umstande, dass ersteres leichter bemerkt wird als die ganz allmählige Steigerung des physiologischen zum pathologischen Gelbsehen. Die Congestionen zum Kopf, die nachgewiesener Maassen die Santonsäure erzeugt, steigern unzweifelhaft die Neigung complementäre Nachbilder zu sehen, wie ein Jeder zu Beobachtungen über solche geeigneter wird durch anhaltende schnelle Bewegung, Turnen oder schnelles Treppensteigen.

So mischt sich im Santonrausch jedem Schact, namentlich wenn ein schneller Wechsel von hell und dunkel dabei ins Spiel kommt, im Schatten das complementäre Violett bei, und giebt die merkwürdigsten Farbenmischungen. So erklärt sich auch Rose's »sprechender Versuch,« welcher darin besteht, dass man hie und da im Santonrausch eine gelbe Flamme durch ein einfaches gelbes Glas gelb durch viele violett sieht, da letztere das helle Bild dunkel machen, worauf das complementäre Violett hervortritt.

Aber man hat Ursache sich mit seinen Versuchen über das Violettsehn im Santonrausch zu beeilen, denn nach den meisten von Rose mitgetheilten Beobachtungsjournalen und nach den an mir selbst gemachten Erfahrungen schwindet die Neigung Violett zu sehen mit der Gewöhnung an das Gelbsehen, und mit dem Aufhören der Congestionen, welche in der ersten Zeit nach dem Genuss des santonsauren Natrons auftreten. Zeitweise kehrt die Neigung dazu aber wieder. So erschien mir, nachdem ich 11 Uhr Vormittags das santonsaure Natron genommen und um 2 Uhr das Gelbsehen scheinbar aufgehört hatte, noch um 5 Uhr beim Niedersitzen zum Schreiben die Dinte so deutlich blau, dass ich unwillkürlich mein Dintenfass musterte und nun bemerkte, dass ich den tief schwarzen Grund desselben auch blau sah. Dabei war von Farbenwechselungen nicht mehr die Rede, wie ich sie am Vormittag constatirt hatte, wo mir zum Beispiel ein dunkles Grün, das ich bei greller Beleuchtung deutlich als Grün erkannte, im Hintergrund des Zimmers schön blau erschien, so wie orange carminroth wurde. Auch sah ich die Zwischenräume im Gitterspectrum, die sich mir Anfangs bis auf vier vermehrt hatten, jetzt wieder so gut wie normal, d. h. zwei.

Wie man durch gelbe Gläser Aehnliches sieht wie im Santoninrausch, so kann man sich bei einiger Neigung zu complementären Nachbildern durch solche Gläser auch violettsichtig machen. Freilich verschwindet das Nachbild immer sehr schnell, aber es genügt die Identität der Erscheinung zu constatiren, wenn man durch ein gelbes Glas ins Helle sah und dann die Augen schliesst, worauf das ganze Gesichtsfeld sich mit dem complementären Violettroth färbt.

Die Ueberzeugung, dass durch gelbe Färbung der Augenmedien Gelbsehen und Violettblindheit erzeugt werden könne, gab E. Rose zu dem Versuche Veranlassung, Kaninchen mit grossen Dosen Santonin zu füttern um etwaige Veränderungen in den Augen zu con-

statiren. Weder in den durchsichtigen Medien noch in der Retina der vergifteten Kaninchen liess sich ein gelber Farbstoff entdecken. Freilich wer sagt uns, ob die Kaninchen gelb sahen und violettblind waren? Und dass die durchsichtigen Medien des Auges auch beim Menschen durch Santonin-Genuss sich nicht gelb färben, geht daraus hervor, dass die papilla nervi optici mit dem Augenspiegel immer weiss, nie gelb erscheint (Rose V, p. 47, Anm.). Es leuchtet ein, dass durch diese negativen Resultate nicht entschieden ist, worum es sich hier allein handelt, ob nämlich eine macula lutea durch Santoninvergiftung noch gelber werden kann. Da die ophthalmoscopische Untersuchung hierüber keinen Aufschluss zu geben vermag, so ist man auf Versuche an Affen angewiesen, bekanntlich die einzigen Säugethiere, bei denen ein gelber Fleck in der Retina wie beim Menschen vorkommt, der, wie ich früher angegeben habe,[1]), auch bezüglich seiner Organisation, des alleinigen Vorkommens von Zapfen in der percipirenden Schicht, und in Betreff der fovea centralis dem des Menschen gleicht. Ich habe zu meinem Bedauern, seitdem ich auf die hier angeregte Frage aufmerksam geworden bin, nicht in den Besitz lebender Affen kommen können, und behalte mir demnach die bezüglichen Versuche vor. Dabei bin ich mir wohl bewusst, dass es nicht nothwendig dem Einfluss des Lichtes zuzuschreiben sein wird, wenn aus dem farblosen Santonin in der macula lutea die gelbe Modification hervorgeht. Denn wie E. Rose anführt, tritt Gelbsehen auch auf, wenn das Einnehmen ungefärbter Krystalle bei Kerzenlicht geschieht (II, p. 24). Mein Versuch, den ich Abends 8 Uhr bei Gaslicht begann, und bei welchem, ohne dass ich mich anderem Lichte ausgesetzt hatte, schon nach 7 Minuten Gelb- und Violettsehen eintrat, bestätigt dies.

Dass die durch Santoningenuss, wie ich annehme, zu erzeugende Verfärbung des gelben Fleckes am ausgeschnittenen Auge eine sehr merkliche sein werde, möchte ich nach dem Grade der Gelbsichtigkeit, welcher sich bei mir entwickelte, bezweifeln. Jedenfalls wird die Beleuchtung mit blauem Lichte das wichtigste Hülfsmittel bei der Untersuchung der macula lutea mit Santonin vergifteter Affen abgeben.

Dies wird auch zu berücksichtigen sein, wenn einmal ein glücklicher Zufall es fügen sollte, dass die macula lutea eines Menschen

---

1) Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. f. Natur und Heilkunde v. 3. Juli 1861. Archiv f. Anatomie und Physiologie etc. 1861, p. 784.

mit angeborner Farbenblindheit einem Anatomen in die Hände fiele. Wenn es Jemand unternähme, in grossen Hospitälern die Kranken bei der Aufnahme mit dem Gitterspectrum zu untersuchen, würde sich wahrscheinlich bald die Gelegenheit zu Sectionen farbenblinder Individuen ergeben, die nach den unermüdlichen Forschungen Edm. Rose's nicht so selten sind und selbst bei recht ausgebildeter Violettblindheit oft gar keine Ahnung von ihrem mangelhaften Perceptionsvermögen haben. Schon die Untersuchung der Augen von an hochgradigem Icterus verstorbenen Individuen wäre interessant, um die etwaige Theilnahme des gelben Fleckes an der pathologischen Färbung zu constatiren. Bekanntlich werden Icterische gelbsichtig und violettblind. Edm. Rose hat eine Reihe solcher Kranken mit dem Gitterspectrum und seinem Farbenmesser untersucht und kommt zu dem Resultat, dass die bekannte auch von ihm durch die Section bestätigte icterisch gelbe Färbung von Hornhaut, Linse und Glaskörper zur Erklärung der Violettblindheit nicht genüge. [1]) Er sieht daher wie für alle Farbentäuschungen so auch für die im Icterus die Ursache in »nervösen« Leiden. Es fragt sich, ob nicht der gelbe Fleck der Retina, wenn er, wie anzunehmen ist, von der icterischen Färbung auch sein Theil erhält, über diese dunkeln »nervösen« Störungen hinweghilft.

Uebrigens verwahre ich mich dagegen, dass ich mit Obigem habe andeuten wollen, dass zur Erklärung aller bisher beobachteten Fälle von Farbenblindheit die Annahme einer intensiveren Färbung des gelbes Fleckes ausreiche oder überhaupt statthaft sei. Meine Absicht war nur zu zeigen, dass eine Zunahme der Intensität der gelben Farbe der macula lutea sowohl Violett- als geringe Grade von Rothblindheit und eine ganze Reihe von Farbentäuschungen zu erklären vermöge.

Wenn ich von dem Gedanken ausgehe, dass wir nur mit dem Orte des deutlichsten Sehens, mit der macula lutea und der, wie ich früher angab, ebenfalls gelbgefärbten fovea centralis Farben genauer percipiren, so befinde ich mich in Uebereinstimmung mit denjenigen Forschern, welche Versuche über den Farbensinn verschiedener Gegenden der Netzhaut angestellt haben. Die genauen Experimente von Purkinje, Hueck, Helmholtz und in letzter Zeit von Aubert [2]) haben auf das bestimmteste gelehrt, dass we-

1) Virchow Achiv Bd. XXX. p. 446.

2) Graefe Archiv etc. Bd. 3, Abth. 2, p. 38. Physiologie der Netzhaut p. 116.

nige Grade vom Orte des directen Sehens entfernt intensiv gefärbte Flächen, namentlich blaue und rothe, zumal wenn sie klein sind, schwarz oder farblos erscheinen. Die schnelle Abnahme des Farbensinnes am Rande der macula lutea dürfte mit der hier schnell abnehmenden Zahl der Zapfen zusammenhängen, die, als nach meinen Untersuchungen mit dicken, wahrscheinlich componirten Nervenfasern verbunden, mehr als die Stäbchen zu farbenempfindenden Elementen geeignet erscheinen.

Fände diese schnelle Abnahme der Empfindlichkeit für Farben nicht statt, so würde der nicht gefärbte Theil der Netzhaut zur Perception des Blau geeigneter sein als die macula lutea, wir würden einen neben dem violetten Ende des Spectrum gelegenen Punkt fixiren müssen, um dasselbe heller und länger zu sehen. In der That scheint — und auf diesen Punkt darf ich wohl mit Recht ein grosses Gewicht legen — die Empfindlichkeit für Blau dicht neben dem gelben Fleck auf ganz kurze Distanz zuzunehmen. So wenigstens glaube ich eine Beobachtung Schelske's deuten zu müssen, welcher Forscher mittelst sehr genauer von Helmholtz entlehnter Methoden die Empfindlichkeit für Farben an den peripherischen Theilen der Netzhaut bestimmte, und dabei einen gewissen Grad von Rothblindheit dieser Theile constatirte.[1]) Schelske fand, wie schon vor ihm Purkinje, dass Licht aus dem violetten Ende des Sonnenspectrum, d. h. Licht, welches der gelbe Fleck violett sieht, neben dem gelben Fleck dunkelblau erscheint. Schelske sieht mit Recht in dieser Thatsache einen Widerspruch mit seinem Befunde von der Rothblindheit der betreffenden Netzhautpartieen, hilft sich aber mit der Erklärung, dass die Lichtschwäche dieser Spectralfarben die Täuschung erzeuge. Ich sehe darin nur einen Beweis der Richtigkeit meiner Ansicht über den Einfluss des gelben Fleckes auf das blaue Ende des Spectrum. Wo die Empfindlichkeit der Netzhaut für Farben noch nicht oder nur wenig abgenommen, die gelbe Farbe aber bereits aufgehört hat, welche einen Theil des blau absorbirt, da muss violett blauer erscheinen, d. h. sich der Farbe nähern, welche zunächst an das Violett grenzt und welche wir mit dem gelben Fleck gesehen dunkelblau nennen. Damit rückt das Violett in das Ultraviolett. Wir sehen nach diesem Versuche also wirklich mit den farblosen Randpartieen der empfindlichsten

1) Graefe Archiv etc. Bd. 9, Abth. 3, pag. 39.

Stelle der Netzhaut das blaue Ende des Spectrum heller und länger als mit dem intensiv gelben Centrum derselben.

Was hier durch umständliche Methoden nachgewiesen ist, folgt auch mit kaum geringerer Sicherheit aus gewissen bekannten subjectiven Gesichtserscheinungen, welche sich auf die Wahrnehmbarkeit des eigenen gelben Fleckes beziehen, wie sie Helmholtz in seiner physiologischen Optik von pag. 418 an beschrieben hat. Der bei manchen Menschen namentlich auf blauem Grunde im Centrum des Gesichtsfeldes auftretende dunklere Fleck mit ebenfalls dunklem Hof, um den manchmal ein heller Ring (der Loewe'sche Ring) erscheint, ist seiner scheinbaren Grösse nach, wie Helmholtz angiebt, unzweifelhaft auf den gelben Fleck mit der fovea centralis zu beziehen. Dabei entspricht der dunkelste Fleck dieser subjectiven Gesichtserscheinung der nach meinen Befunden am intensivsten gelb gefärbten fovea. Nach Maxwell, dessen Angaben Helmholtz citirt, erscheint er, wenn man homogenes Licht anwendet, nur im Blau, in gemischten Farben, wenn sie blau reichlich enthalten. Die Erklärung giebt Helmholtz unzweifelhaft richtig mit den Worten: »dass der starkgefärbte Theil des gelben Fleckes auf einem blauen Felde dunkel erscheint, scheint der Absorption des blauen Lichtes durch das gelbe Pigment zugeschrieben werden zu dürfen. Gelb gefärbt sind hier gerade die Theile, welche vor den eigentlich lichtempfindlichen Theilen, den Zapfen, liegen.« Es erhellt, dass sich aus dieser Erscheinung und ihrer Erklärung durch Helmholtz Alles, was ich oben über die Bedeutung des gelben Fleckes gesagt habe, ableiten lässt. Sie giebt auch, worauf es mir hier ankommt, wie der Schelske'sche Versuch den Beweis, dass wir mit dem gelben Fleck blau schlechter sehen als mit den den Fleck unmittelbar umgebenden Theilen der Netzhaut.

Nachdem ich eines Abends 15 Gran santonsaures Natron genommen hatte, fiel mir am anderen Morgen auf, als ich die Gelbsichtigkeit ganz verschwunden meinte, dass ich, wenn ich mit durch Schliessen der Augenlieder auf kurze Zeit ausgeruhtem Auge die weissen Wolken betrachtete, einen deutlich gelben Fleck im Gesichtsfeld sah, der bald abblasste und verschwand. Offenbar musste ich denselben auf meine wahrscheinlich noch ein wenig veränderte macula lutea beziehen. Ich nahm ein Nicol'sches Prisma zur Hand, durch welches ich bis dahin die Haidinger'schen Lichtbüschel immer nur sehr undeutlich wahrnehmen konnte, und erstaunte über

die mir unbekannte Schärfe der gelben Büschel. Ich sah, was ich früher nicht konnte, deutlich, dass sie in der Richtung der grossen Axe der rhombischen Endfläche des Nicol liegen, sah die bläulichen complementären Büschel und konnte deren Gestalt genau aufzeichnen. Da hier eine Nachwirkung des Santonin vorzuliegen schien, ward ich begierig, die Haidinger'schen Büschel während der eigentlichen Santoninwirkung zu beobachten. Ich nahm also desselben Tages gegen Mittag 5 Gran santonsauren Natrons. Die Gelbsichtigkeit entwickelte sich, wie bei der geringen Dosis zu erwarten war, nur schwach, die Benommenheit des Kopfes und die Neigung zu complementären Nachbildern und zu Farbenverwechselungen, ebenso die Violettblindheit erreichten nur einen geringen Grad. Während des Gelbsehens verschwand mir das Vermögen, die in Rede stehenden Büschel zu sehen, fast vollständig. Aber kurze Zeit darauf erkannte ich sie wieder und zwar jetzt, wenn auch nicht schärfer begrenzt, so doch über einen viel grösseren Raum verbreitet, mit breiter divergirenden, weil längeren Schenkeln. Später erhielten sie wieder ihre frühere Grösse, und sind mir jetzt, mehrere Tage nach der letzten Santonin-Wirkung zwar noch deutlich, doch entschieden abgeblasst. Wie es bei subjectiven Gesichtserscheinungen zu gehen pflegt, einmal gefasst kann man sie oft kaum wieder los werden, so meine ich auch jetzt, da ich die Haidinger'schen Büschel einmal gut kennen gelernt habe, sie vielleicht desshalb dauernd besser zu sehen. Jedenfalls halte ich mich überzeugt, dass das Santonin bei mir einen Einfluss auf die Erscheinung der Haidinger'schen Büschel ausübt, und da diese wiederum nur von dem gelben Fleck abhängen können, wäre damit eine Einwirkung des Santonins auf diesen constatirt. Es wäre nun interessant zu erfahren ob Menschen, die, wie es viele giebt, die Haidinger'schen Büschel nicht sehen können, zur Erkenntniss derselben vermöge des Santonins gelangen.

In wiefern die gelbe Farbe der Retina dem Orte des directen Sehens von Nutzen sein könne, habe ich bereits in meinem früheren Vortrage angedeutet. Es sind zwei Punkte, auf welche ich die Aufmerksamkeit lenken zu müssen glaubte. Unzweifelhaft wird durch die an der empfindlichsten Stelle der Retina stattfindende Absorption des brechbarsten Violett und eine wenn auch nur geringe des Roth die chromatische Aberration für die hier zu percipirenden Strahlen gemindert. Diese Correction wird eine um so wirksamere

sein, als sie unmittelbar vor der Entstehung des deutlichen Bildes angebracht ist. Je vollständiger die Absorption der äussersten Strahlen des Spectrums, um so vollständiger ist natürlich die Correction. Ein dunkler gelber Fleck erfüllt daher seinen Zweck besser als ein heller, wie ich mit einem gelben Glase vor dem Auge in der That scharfsichtiger zu sein glaube als ohne ein solches. Dies ist mir und Anderen, die ich darauf aufmerksam machte, besonders bei Betrachtung einer baumreichen Landschaft, die ich aus meinem Fenster sehe, aufgefallen. Die Gegend erscheint viel schärfer perspectivisch, weil ich von jedem einzelnen Gegenstande in derselben bei gehöriger Accomodation ein deutlicheres Bild erhalte. Bei Versuchen mit Schriftproben erschien der Unterschied nicht so auffallend, wie ich auch im Santoninrausch an solchen nicht deutlich eine Zunahme der Sehschärfe constatiren konnte. Jedenfalls sind die Versuche in dieser Richtung weiter auszudehnen und auch die angeboren Farbenblinden auf ihre Scharfsichtigkeit genauer zu prüfen.

Einen anderen Vortheil, den die Farbe dem gelben Fleck gewährt, könnte man darin sehen, dass durch das Gelb diejenigen Strahlen von den percipirenden Elementen abgehalten werden, welche als die im Spectrum vorzugsweise chemisch wirkenden gewöhnlich bezeichnet werden. Ich will es dahin gestellt sein lassen, in wie weit wir von diesen Strahlen eine nachtheilige Wirkung auf die empfindlichste Stelle erwarten dürften, wenn diese letztere des gelben Schirmes entbehrte. Jedenfalls ist es sehr merkwürdig, dass unter den Vögeln, die so viel bis jetzt bekannt war, alle sehr intensiv gefärbte Pigmentkugeln in den Zapfen besitzen, die Eule, wie ich gefunden habe, dieser Pigmentirung fast ganz entbehrt. Rothe Pigmentkugeln fehlen ihr ganz und die gelben sind ausserordentlich blass, fast farblos. Die Retina der Eule ist ausserdem durch die geringe Zahl der Zapfen und die überwiegende der Stäbchen vor allen mir bekannten Tag-Vögeln ausgezeichnet, von der des Falken unterscheidet sie sich auch durch die Abwesenheit der foveae centrales, deren nach H. Müller's Entdeckung einige Vögel, unter anderen der Falke, zwei besitzen. Eine ausgedehntere Untersuchung und Vergleichung der Augen von Tag- und Nachtthieren wird hier vorausgehen müssen, ehe wir uns weitere Schlüsse erlauben dürfen.

Bonn, Druck von Carl Georgi.



